

**This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**



(19)

(11) Publication number: 11219942 A

Generated Document.

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(21) Application number: 10299205

(51) Intl. Cl.: H01L 21/3065 C23F 4/00 H05H 1/46

(22) Application date: 21.10.98

(30) Priority: 27.10.97 JP 09293749

(43) Date of application publication: 10.08.99

(84) Designated contracting states:

(71) Applicant: MATSUSHITA ELECTRON CORP

(72) Inventor: IMAI SHINICHI  
JIWARI NOBUHIRO  
NIKAWA HIDEO

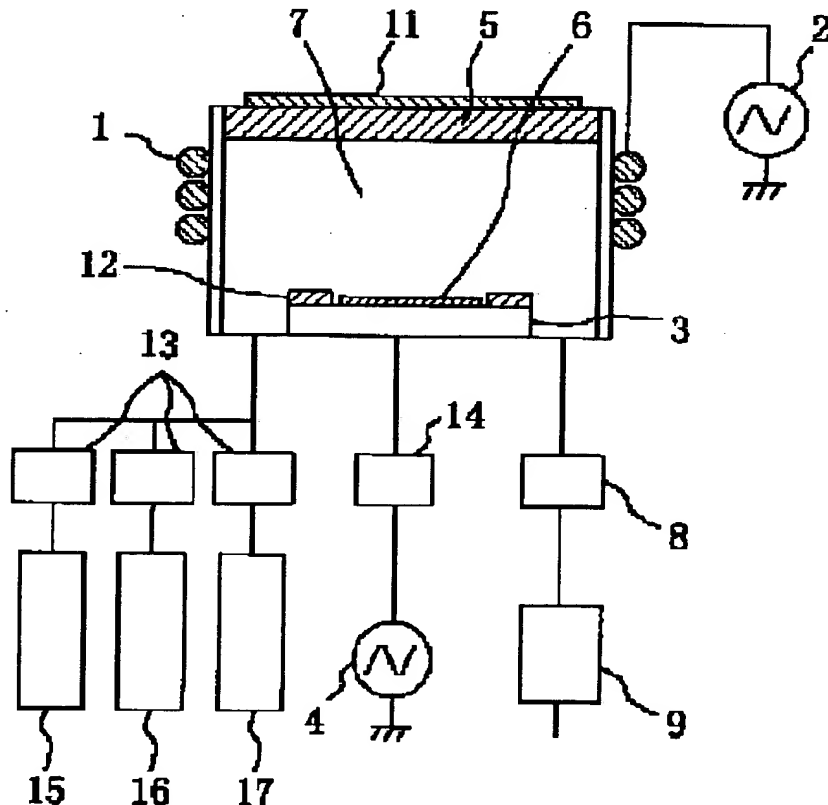
(74) Representative:

## (54) DRY ETCHING AND MANUFACTURE OF SEMICONDUCTOR DEVICE

## (57) Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To contrive to raise the selection ratio of etching to a resist by a method wherein the ratio of fluorine to carbon being contained in gas is set at a value lower than a specified value.

**SOLUTION:** Before a dry etching treatment is performed, C<sub>5</sub>F<sub>8</sub> gas and As gas are introduced from gas bombs 15 and 16 into the interior of a reaction chamber 7 via mass flows 13. The ratio of fluorine to carbon being contained in the C<sub>5</sub>F<sub>8</sub> gas is 1 to 1.6. The mixed gas of these gases is exhausted outside a semiconductor device via a pressure control valve 8 and an exhaust pump 9. After the gases are fed in the chamber 7, high-frequency power is applied to induction coils 1 from a high-frequency power supply 2 for an induction coil and a plasma is produced in the chamber 7. After the plasma is produced, high-frequency power is applied from a high-frequency power supply 4 to a lower electrode 3, whereby a negative potential is given to a silicon substrate 6, which is irradiated with positive charge ions from the plasma. Thereby, an SiO<sub>2</sub> film formed on the substrate 6 is etched.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-219942

(43) 公開日 平成11年(1999) 8月10日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

F I

H 0 1 L 21/3065

H 0 1 L 21/302

F

C 2 3 F 4/00

C 2 3 F 4/00

E

H 0 5 H 1/46

H 0 5 H 1/46

A

L

審査請求 未請求 請求項の数16 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願平10-299205

(22) 出願日 平成10年(1998)10月21日

(31) 優先権主張番号 特願平9-293749

(32) 優先日 平9(1997)10月27日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000005843

松下電子工業株式会社

大阪府高槻市幸町1番1号

(72) 発明者 今井 伸一

大阪府高槻市幸町1番1号 松下電子工業株式会社内

(72) 発明者 地割 信浩

大阪府高槻市幸町1番1号 松下電子工業株式会社内

(72) 発明者 二河 秀夫

大阪府高槻市幸町1番1号 松下電子工業株式会社内

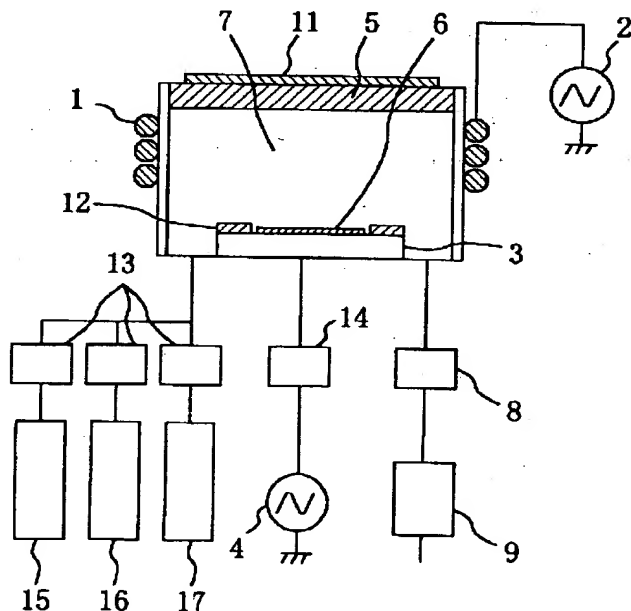
(74) 代理人 弁理士 前田 弘 (外1名)

(54) 【発明の名称】 ドライエッチング方法および半導体装置の製造方法

(57) 【要約】

【課題】 レジストに対するエッチング選択比の向上したドライエッチング方法および半導体装置の製造方法を提供する。

【解決手段】 高密度プラズマを用いたドライエッチングにおいて、炭素に対するフッ素の比率が2未満のフルオロカーボンガスを使用する。希ガスおよび酸素をフルオロカーボンガスに添加すれば、選択比およびエッチングレートをもっと向上させることができる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 少なくとも炭素およびフッ素を含むガスをプラズマが形成されている反応室内に供給する工程を包含するドライエッチング方法であって、前記ガスに含まれる炭素に対するフッ素の比率が2未満であることを特徴とするドライエッチング方法。

【請求項2】 請求項1に記載のドライエッチング方法であって、前記ガスには希ガスが添加されていることを特徴とするドライエッチング方法。

【請求項3】 請求項1に記載のドライエッチング方法であって、前記ガスには希ガスおよび酸素を含むガスが添加されていることを特徴とするドライエッチング方法。

【請求項4】 酸化シリコン膜を有する基板をドライエッチング装置内に挿入する工程と、少なくとも炭素およびフッ素を含むガスを前記ドライエッチング装置内に供給する工程と、前記ドライエッチング装置内でプラズマを生成する工程とを包含するドライエッチング方法であって、前記ガスに含まれる炭素に対するフッ素の比率が2未満であり、しかも、振幅値が1.5kV以下の高周波電圧を前記基板に印加することを特徴とするドライエッチング方法。

【請求項5】 酸化シリコン膜を有する基板をドライエッチング装置内に挿入する工程と、少なくとも炭素およびフッ素を含むガスを前記ドライエッチング装置内に供給する工程と、前記ドライエッチング装置内でプラズマを生成する工程とを包含するドライエッチング方法であって、前記ガスに含まれる炭素に対するフッ素の比率が2未満であり、しかも、前記基板の前記酸化シリコン膜を、100℃以上に加熱した反応室内でエッチングすることを特徴とするドライエッチング方法。

【請求項6】 請求項1から5の何れかに記載のドライエッチング方法であって、前記プラズマの密度が $10^{11}\text{cm}^{-3}$ 以上であることを特徴とするドライエッチング方法。

【請求項7】 請求項1から5の何れかに記載のドライエッチング方法であって、前記ガスは、 $\text{C}_5\text{F}_8$ 、 $\text{C}_4\text{F}_6$ 、 $\text{C}_3\text{F}_4$ 、 $\text{C}_2\text{F}_2$ および $(\text{CF}_3\text{CO})_2$ からなる群から選択された分子を含むことを特徴とするドライエッチング方法。

【請求項8】 請求項2または3に記載のドライエッチング方法であって、前記希ガスは、Ar、XeおよびKrからなる群から選択された原子を含むことを特徴とするドライエッチング方法。

【請求項9】 請求項3に記載のドライエッチング方法

であって、

前記希ガスは、Ar、XeおよびKrからなる群から選択された原子を含み、

前記酸素を含むガスは、 $\text{O}_2$ 、COおよび $\text{CO}_2$ からなる群から選択された分子を含むことを特徴とするドライエッチング方法。

【請求項10】 基板上に酸化シリコン膜を堆積する工程と、

10 前記酸化シリコン膜上にレジストマスクを形成する工程と、

少なくとも炭素およびフッ素を含むガスをドライエッチング装置内に供給し、前記ガスのプラズマを用いて前記酸化シリコン膜をエッチングする工程と、を包含する半導体装置の製造方法であって、

前記ガスに含まれる炭素に対するフッ素の比率が2未満であることを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項11】 請求項10に記載の半導体装置の製造方法であって、  
20 前記ガスには希ガスが添加されていることを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項12】 請求項10に記載の半導体装置の製造方法であって、

前記ガスには希ガスおよび酸素を含むガスが添加されていることを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項13】 請求項10に記載の半導体装置の製造方法であって、前記エッチング工程において、振幅値が1.5kV以下の高周波電圧を前記基板に印加することを特徴とする半導体装置の製造方法。

30 【請求項14】 請求項10に記載の半導体装置の製造方法であって、前記エッチング工程は、前記装置の100℃以上に加熱した反応室内で行うことを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項15】 少なくとも炭素およびフッ素を含むガスをプラズマが形成されている反応室内に供給する工程を包含するドライエッチング方法であって、炭素の二重結合を含む環状パーフルオロカーボンガスを前記ガスとして用いるドライエッチング方法。

40 【請求項16】 基板上に酸化シリコン膜を堆積する工程と、前記酸化シリコン膜上にレジストマスクを形成する工程と、

少なくとも炭素およびフッ素を含むガスをドライエッチング装置内に供給し、前記ガスのプラズマを用いて前記酸化シリコン膜をエッチングする工程と、を包含する半導体装置の製造方法であって、炭素の二重結合を含む環状パーフルオロカーボンガスを前記ガスとして用いる半導体装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、ドライエッチング方法および半導体装置の製造方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】近年の半導体デバイスの集積度向上にはめざましいものがある。デバイスの高集積化の原動力となっているリソグラフィ技術においては、集積度を向上させるために、より微細なパターンを形成する必要がある。このために、光源の波長を短くして対応している。現在は、フッ化クリプトン (KrF) を用いたエキシマレーザーによるリソグラフィプロセスが主流となっている。このようなフォトリソグラフィ工程において高解像度を得るためには、被加工基板上に形成するフォトレジスト膜の厚さを薄くする必要がある。

【0003】酸化シリコン膜にコンタクトホールを形成する場合、C<sub>4</sub>F<sub>8</sub>プラズマを用いた反応性ドライエッチングが行われている。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記ドライエッチング方法によれば、フォトレジストのエッチング速度 (R1) に対する酸化シリコン膜のエッチング速度 (R2) の比 (R2/R1: 以下「エッチング選択比」と称する。) が低いという問題がある。このエッチング選択比が低いと、エッチング処理中にフォトレジストが薄くなり、レジストでマスクされた領域の酸化シリコン膜までもが部分的にエッチングされてしまうという問題が生じる。そのような望ましくないエッチングが生じると、配線が短絡することになり、半導体装置の製造歩留まりや信頼性を大いに損なう。

【0005】本発明は上記課題に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、レジストに対するエッチング選択比の向上したドライエッチング方法および半導体装置の製造方法を提供することにある。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】本発明のドライエッチング方法は、少なくとも炭素およびフッ素を含むガスをプラズマが形成されている反応室内に供給する工程を包含するドライエッチング方法であって、前記ガスに含まれる炭素に対するフッ素の比率が2未満である。

【0007】前記ガスには希ガスが添加されることが好ましい。

【0008】前記ガスには希ガスおよび酸素を含むガスが添加されていることが好ましい。

【0009】本発明の他のドライエッチング方法は、酸化シリコン膜を有する基板をドライエッチング装置内に挿入する工程と、少なくとも炭素およびフッ素を含むガスを前記ドライエッチング装置内に供給する工程と、前記ドライエッチング装置内でプラズマを生成する工程とを包含するドライエッチング方法であって、前記ガスに含まれる炭素に対するフッ素の比率が2未満であり、し

かも、振幅値が1.5kV以下の高周波電圧を前記基板に印加する。

【0010】本発明の更に他のドライエッチング方法は、酸化シリコン膜を有する基板をドライエッチング装置内に挿入する工程と、少なくとも炭素およびフッ素を含むガスを前記ドライエッチング装置内に供給する工程と、前記ドライエッチング装置内でプラズマを生成する工程とを包含するドライエッチング方法であって、前記ガスに含まれる炭素に対するフッ素の比率が2未満であり、しかも、前記基板の前記酸化シリコン膜を、100℃以上に加熱した反応室内でエッチングする。

【0011】前記プラズマの密度は10<sup>11</sup>cm<sup>-3</sup>以上であることが好ましい。

【0012】前記ガスは、C<sub>5</sub>F<sub>8</sub>、C<sub>4</sub>F<sub>6</sub>、C<sub>3</sub>F<sub>4</sub>、C<sub>2</sub>F<sub>2</sub>および(CF<sub>3</sub>CO)<sub>2</sub>からなる群から選択された分子を含むことが好ましい。

【0013】前記希ガスは、Ar、XeおよびKrからなる群から選択された原子を含むことが好ましい。

【0014】前記酸素を含むガスは、O<sub>2</sub>、COおよびCO<sub>2</sub>からなる群から選択された分子を含むことが好ましい。

【0015】本発明の半導体装置の製造方法は、基板上に酸化シリコン膜を堆積する工程と、前記酸化シリコン膜上にレジストマスクを形成する工程と、少なくとも炭素およびフッ素を含むガスをドライエッチング装置内に供給し、前記ガスのプラズマを用いて前記酸化シリコン膜をエッチングする工程とを包含する半導体装置の製造方法であって、前記ガスに含まれる炭素に対するフッ素の比率が2未満である。

【0016】前記ガスには希ガスが添加されていることが好ましい。

【0017】前記ガスには希ガスおよび酸素を含むガスが添加されていることが好ましい。前記エッチング工程において、振幅値が1.5kV以下の高周波電圧を前記基板に印加することが好ましい。

【0018】前記エッチング工程は、前記装置の100℃以上に加熱した反応室内で行うことが好ましい。

【0019】本発明による更に他のドライエッチング方法は、少なくとも炭素およびフッ素を含むガスをプラズマが形成されている反応室内に供給する工程を包含するドライエッチング方法であって、炭素の二重結合を含む環状パーフルオロカーボンガスを前記ガスとして用いる。

【0020】本発明による他の半導体装置の製造方法は、基板上に酸化シリコン膜を堆積する工程と、前記酸化シリコン膜上にレジストマスクを形成する工程と、少なくとも炭素およびフッ素を含むガスをドライエッチング装置内に供給し、前記ガスのプラズマを用いて前記酸化シリコン膜をエッチングする工程とを包含する半導体装置の製造方法であって、炭素の二重結合を含む環状パ

フルオロカーボンガスを前記ガスとして用いる。

#### 【0021】

【発明の実施の形態】（第1の実施形態）以下に、図面を参照しながら、本発明によるドライエッチング方法の第1の実施形態を説明する。図1は、本実施形態に使用する誘導結合型プラズマを用いたドライエッチング装置の概略図を示している。

【0022】図1のドライエッチング装置は、内部でドライエッチング処理を行う反応室（チャンバ）7を備えている。反応室7の側壁は、反応室7内にプラズマを形成するための誘導コイル1で囲まれている。誘導コイル1は高周波電源2に接続され、高周波電源2から高周波電力の供給を受ける。

【0023】反応室7の下部には、被処理基板（シリコン基板6）を支持する下部電極3が設けられ、下部電極3はマッチャー14を介して高周波電源4に接続され、高周波電源4から高周波電力の供給を受ける。下部電極3の上面周辺領域には、石英リング12が配置されている。反応室7の上部には上部シリコン電極5が設けられている。上部シリコン電極5上には、反応室7の内壁温度を調整するためのヒーター11が設けられている。

【0024】反応室7の排気口と外部との間には、圧力制御バルブ8および排気ポンプ9が挿入されている。プラズマ化されるガスは、マスフロー13を介してC<sub>5</sub>F<sub>8</sub>ガスボンベ15、Arガスボンベ16およびO<sub>2</sub>ガスボンベ17などから反応室7内に供給される。

【0025】本実施形態では、ドライエッチング処理を行う前に、ガスボンベ15および16からマスフロー13を介してC<sub>5</sub>F<sub>8</sub>ガスおよびArガスを反応室7内に導入する。C<sub>5</sub>F<sub>8</sub>ガスに含まれる炭素に対するフッ素の比率は1.6である。これらの混合ガスは排気口から圧力制御バルブ8および排気ポンプ9を介して装置外へ排気される。本実施形態では、圧力制御バルブ8が反応室7内の圧力を1mTorrから100mTorrまでの範囲内の一定値に維持するように動作する。

【0026】充分な量のガスを反応室7に供給したら、反応室7の側壁に配置された誘導コイル1に誘導コイル用高周波電源2から高周波電力を印加し、反応室7内にプラズマを生成する。本実施形態では、誘導コイル1に与える高周波電力を1000W～3000Wとしている。プラズマ中には、C<sub>5</sub>F<sub>8</sub>、ArおよびO<sub>2</sub>から形成された他種類の分子、励起原子およびイオンが含まれている。本実施形態では、プラズマの密度が10<sup>11</sup>cm<sup>-3</sup>以上の高密度プラズマが形成される。

【0027】プラズマが安定的に形成された後、高周波電源4から下部電極3に高周波電力を印加することにより、シリコン基板6に負電位を与え、それによってプラズマから正電荷イオンをシリコン基板6に照射させる。こうして、反応性のプラズマエッチング処理が進行し、シリコン基板6上に形成された酸化シリコン（Si

O<sub>2</sub>）膜がエッチングされる。

【0028】以下に、図2（a）から（d）を参照しながら、本発明による半導体装置の製造方法を説明する。

【0029】まず、トランジスタ素子などの半導体素子（不図示）が形成されたシリコン基板20、または半導体素子が形成されつつあるシリコン基板20を用意する。

【0030】次に、図2（a）に示されるように、公知の薄膜堆積技術を用いて、シリコン基板20上に酸化シリコン膜（厚さ2000nm）21を形成する。この後、フォトリソグラフィ技術によって、図2（b）に示されるように酸化シリコン膜21上にフォトレジストパターン22を形成する。フォトレジストパターン22は、コンタクトホール23の位置および形状を規定する開口部23を有するように露光・現像される。高解像度を得るために、フォトレジストパターン22の厚さは、0.5～1.0μmと比較的に薄くなるように形成する。

【0031】次に、フォトレジストパターン22が形成された基板20を、図1に示すドライエッチング装置の反応室7内にセットする。その後、C<sub>5</sub>F<sub>8</sub>ガスとArガスの混合ガスを反応室7内に導入し、ガス圧力を1mTorrから100mTorrまでの間に制御する。

【0032】次に、図1の装置の誘導コイル1に1000Wから3000Wまでの間の大きさの高周波電力を印加して、プラズマを生成する。下部電極3に1000Wから2000Wまでの間の高周波電力（周波数：1.8MHz）を印加し、それによって自己負バイアスを基板に与え、酸化シリコン膜のエッチングを行う。図2（c）に示されるように、このエッチングで酸化シリコン膜21にコンタクトホール24が形成される。

【0033】次に、図2（d）に示されるように、レジストパターン22を除去する。この後、公知の製造プロセスを経て、半導体装置が製造される。

【0034】図3は、エッチング選択比のC<sub>5</sub>F<sub>8</sub>ガス流量依存性を示している。本実施形態の場合、C<sub>5</sub>F<sub>8</sub>ガス流量を増加すると選択比が高くなることが図3からわかる。これに対して、従来のC<sub>4</sub>F<sub>8</sub>ガスを用いた場合（比較例）は、ガス流量を増加すると選択比はわずかに高くなるが、さらに増加すると選択比は低くなることがわかる。

【0035】本実施形態のドライエッチング方法に使用するような高密度プラズマエッチング装置では、ガスの解離度が大きい。このため、炭素に対するフッ素の比率が2以上のガスを用いると、フッ素ラジカルの生成量が多くなる。フッ素ラジカルはレジストのエッチングに寄与する種であるため、ガス流量を増やすにつれて選択比が低くなる。これに対して、C<sub>5</sub>F<sub>8</sub>ガスのように炭素に対するフッ素の比率が2未満のガスを用いると、フッ素ラジカルの生成量が従来のC<sub>4</sub>F<sub>8</sub>ガスを用いた場合に比較して少なくなる。レジストをエッチングするエッチャ

ント（フッ素ラジカル）の生成量が少なくなる結果、選択比が向上する。

【0036】（第2の実施形態）図4を参照しながら、本発明によるドライエッチング方法の第2の実施形態を説明する。本実施形態と上記第1の実施形態との相違点は、本実施形態では、エッチングガス（ $C_5F_8$ ）に希ガスの一つであるArガスを添加するという点にある。第1の実施形態と共通する箇所の説明はここでは繰り返さない。なお、 $C_5F_8$ ガスにArガスを加えたガスを、以下、 $C_5F_8/Ar$ ガスと表記する。

【0037】図4は、図1の装置を使ってドライエッチングを行ったときの、Arガスの流量に対する酸化シリコン膜のエッチング速度の変化を示す。なお、図4のデータは、 $C_5F_8$ 流量を14sccmとして測定した。図4から、添加するArガス流量を増やしていくと、酸化シリコン膜のエッチング速度は速くなっていくことがわかる。Arガス流量を60sccm以上にすると、Arを添加しない場合に比べてエッチング速度は2倍以上になる。本発明では、エッチングガスに含まれる炭素に対するフッ素の比率が2未満と少ないため、酸化シリコン膜に対するエッチング種（フッ素ラジカル）の量も少なくなる。しかし、本実施形態のようにエッチングガスにArを添加すると、Arイオンによるスパッタリングが酸化シリコン膜のエッチングに大きく寄与することが図4からわかる。また、Arイオンのスパッタリングによる酸化シリコン膜のエッチング速度の上昇に比較すれば、Arイオンのスパッタリングによるレジストのエッチング速度の上昇は小さいため、Arの添加は選択比をも増加させることが実験でわかっている。図5は、対レジスト選択比とアルゴン流量との関係を示すグラフである。図5からわかるように、選択比はアルゴンの添加によって増加する。

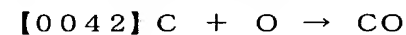
【0038】このように、炭素に対するフッ素の比率が2未満のフルオロカーボンガスにAr等の希ガスを添加することは、選択比および酸化シリコン膜のエッチング速度の両方を向上させることができるので好ましい。

【0039】添加する希ガスとしては、スパッタリング効果が高いという理由から、Arガス、XeガスもしくはKrガス、またはこれらの希ガスを混合したものが好ましい。

【0040】（第3の実施形態）図6を参照しながら、本発明の第3の実施形態を説明する。本実施形態と上記第2の実施形態との相違点は、本実施形態では、エッチングガス（ $C_5F_8/Ar$ ）に酸素を添加するという点にある。酸素は、 $O_2$ ガスボンベ17からマスフロー13を介してプラズマエッチング装置の反応室内に供給する。第1および第2の実施形態と共通する箇所の説明は、ここでは繰り返さない。図6は、 $C_5F_8/Ar$ ガスに $O_2$ を添加した場合と添加しない場合における、エッチング深さのコンタクト径依存性を示している。こ

で、 $C_5F_8$ ガス、Arガスおよび $O_2$ ガスの流量は、それぞれ、14sccm、80sccmおよび3sccmとした。 $C_5F_8/Ar$ ガスに $O_2$ を添加しない場合（比較例）、コンタクト径が小さくなると、エッチングできる深さが浅くなり、コンタクト径が0.3μmより小さくなると、エッチングが進行しなくなることがわかる。コンタクトホール内部では、入射イオンの量がエッチングラジカルの量よりも減少するため、エッチングよりもポリマー膜堆積が起こりやすい。エッチングの停止は、ポリマー膜堆積がエッチングよりも優勢になるために生じる。

【0041】一方、 $C_5F_8/Ar$ ガスに $O_2$ を添加することによって、エッチングが途中で停止する事態を避けられる。これは、酸素がポリマー膜の酸化シリコン膜上への過度の堆積を抑制するからである。エッチングガスに含まれる炭素に対するフッ素の比率が2未満の場合、ポリマー膜の堆積が生じやすいため、 $O_2$ の添加はポリマー膜の必要以上の堆積を抑制し、コンタクトエッチングに有効である。酸素によるポリマー堆積の抑制効果は、以下の反応式で表現できる。



添加する酸素ガスの好ましい範囲は、 $C_5F_8$ ガス流量に対して約5%から約50%の範囲である。

【0043】（第4の実施形態）図7を参照しながら、本発明によるドライエッチング方法の第4の実施形態を説明する。本実施形態では、図1のドライエッチング装置を用い、プラズマ化するガスとして $C_5F_8/Ar/O_2$ （流量：14sccm、80sccm、3sccm）を用いる。本実施形態では、図1の装置の下部電極3に印加する高周波電力の振幅値を最適化している。

【0044】図7は、下部電極に印加する高周波電力の電圧の振幅値（peak-to-peak voltage:  $V_{pp}$ ）に対する酸化膜のエッチング速度の変化を示している。振幅値（ $V_{pp}$ ）が大きくなると、酸化シリコン膜のエッチング速度は低下することが図7からわかる。振幅値（ $V_{pp}$ ）が1.5キロボルト（kV）以上になると、有意のエッチング速度を得ることは難しく、コンタクトホールを形成することができない。有意のエッチング速度を得るためには、振幅値（ $V_{pp}$ ）は1.5kV以下である必要がある。好ましくは、振幅値（ $V_{pp}$ ）を1.0kV以下に設定する。なお、第1から第3の実施形態、および、以下に説明する第5の実施形態においては、下部電極に印加する高周波電力の電圧の振幅値（ $V_{pp}$ ）を0.9kVボルトに設定している。

【0045】（第5の実施形態）図8を参照しながら、本発明によるドライエッチング方法の第5の実施形態を説明する。本実施形態が他の実施形態と異なる点は、ド

ライエッチングの実施に際して、図1の装置の反応室7の壁面温度を所定温度以上に制御している点にある。

【0046】図8は、コンタクトホールのエッチング深さとウェハ処理枚数との関係を示す。図8のデータは、プラズマ化するガスとして $C_5F_8/Ar/O_2$ （流量：14 sccm、80 sccm、3 sccm）を用いて求めた。反応室温度を100℃未満にした場合（比較例）、ウェハ処理枚数の増加とともに、エッチング深さが浅くなっていることが図8からわかる。ところが、反応室7の壁面温度を100℃以上にした場合（本実施形態）、ウェハ処理枚数とともにエッチング深さが変化することはない。特に、反応室7の壁面温度を150℃以上にした場合、安定したエッチング深さを実現することができる。この理由は、次のように考えることができる。

【0047】炭素に対するフッ素の比率が2未満のようなガスを用いてプラズマを生成すると、従来のフルオロカーボンガスを使用した場合に比べてプラズマ中に含まれる炭素の割合が相対的に大きくなり、カーボン（炭素）リッチなプラズマが形成される。このようなプラズマでエッチング処理を実行すると、反応室7の壁面温度が100℃未満の状態では、反応室壁面にポリマー膜が堆積しやすくなる。ウェハ処理枚数の増加によって、反応室壁面上に形成されるポリマー膜は厚さを増加させる。反応室壁面上にポリマー膜が形成された状態でエッチング処理を実行すると、反応室壁面上のポリマー膜の一部もエッチングされ、プラズマ中の炭素量が増大することになる。プラズマ中の炭素量は、ウェハ処理枚数に応じて増加してゆき、その結果、エッチング深さが浅くなる。

【0048】しかし、少なくともエッチング処理の時点で、反応室7の壁面温度を100℃以上にすると、反応室7の壁面におけるポリマー膜堆積が抑制される。これは、反応室7の壁面温度を100℃以上にすると、ポリマー膜形成に必要な原子または分子が高温の壁面上に十分な時間滞在できないためと考えられる。この結果、プラズマ中の炭素含有量は一定になり、エッチング深さのウェハ処理枚数依存性をなくすることができる。このように炭素に対するフッ素の比率が2未満となるガスを用いたエッチングでは、反応室の側壁温度を100℃以上にすることが非常に有効である。

【0049】なお、上記いずれの実施形態においても、炭素に対するフッ素の比が2未満のガスとして $C_5F_8$ ガスを例示したが、 $C_4F_6$ 、 $C_3F_4$ 、 $C_2F_2$ もしくは（ $CF_3CO$ ）<sub>2</sub>、または、これらの混合ガスを用いても良い。また、エッチングに $O_2$ を添加する代わりに、 $CO$ または $CO_2$ 等の酸素を含むガスを添加してもよい。

【0050】本発明で本質的な点は、プラズマ中に含まれる炭素の量に対するフッ素の量の比を2未満にすることにある。このため、一分子に含まれる炭素原子の数に

対するフッ素原子の数の比が2未満のガスに、一分子に含まれる炭素原子の数に対するフッ素原子の数の比が2以上のガスを少量添加した場合でも、全体としてプラズマ形成に用いられるエッチングガス中の炭素の量に対するフッ素の量の比が2未満であれば、本発明の効果は充分に得られる。

【0051】本発明のドライエッチング方法を実施するため高密度プラズマエッチング装置として、図1に示す誘導結合型プラズマを用いる装置について説明したが、電子サイクロトロン共鳴プラズマ、ヘリコン波励起プラズマ、または表面波励起プラズマを用いた装置を用いても良い。また、コイルを反応室の上部に配置したタイプの誘導結合型プラズマ装置を用いても良い。

【0052】図9（a）は真空チャンバー内に導入した $C_2F_6$ について四重極質量分析装置（QMS）によって得たデータを示し、図9（b）は同様にして得た $C_5F_8$ についてのデータを示している。質量分析装置では、電子エネルギーを70 eVに設定した。

【0053】図9（a）からわかるように、 $C_2F_6$ の場合、 $CF_1$ 、 $CF_2$ 、および $CF_3$ という低次の種が支配的であり、これら以外の種（高次の種）はほとんど観測されない。これに対して $C_5F_8$ の場合、図9（b）からわかるように、 $C_3F_4$ 、 $C_4F_4$ 、 $C_4F_5$ 、 $C_4F_6$ 、 $C_5F_7$ 、および $C_5F_8$ 等の高次の種が多く観測されている。これらの現象は、電子エネルギーを変化させても、同様に現れている。

【0054】図10は、 $C_5F_8$ のイオン化効率曲線を示している。比較的に低い電子エネルギー（13 eV）で正イオン（ $C_5F_8^+$ ）が生成されることがわかる。また、電子エネルギーが高い場合でも、その正イオン（ $C_5F_8^+$ ）が高い割合で生成されており、 $C_5F_8$ の破壊は生じにくい。これに対して $C_2F_6$ の場合、 $C_2F_6$ は比較的に低いエネルギーの電子によってもバラバラに分解される傾向があり、例えば $C_2F_6^+$ のような正イオンは観測されない。

【0055】以上の実験結果から、 $C_2F_6$ に比較して $C_5F_8$ は、電子との衝突によって分解されにくいことがわかる。このことに起因して、 $C_5F_8$ からは高次の種が多数生成される。逆に、 $C_2F_6$ からは低次の種が生成される。

【0056】 $C_5F_8$ は、炭素の二重結合を含む環状パーフルオロカーボンガスである。このようなガスは、電子衝撃に対して低次の種に分解しにくく、比較的に安定である。また、 $C_5F_8$ の炭素二重結合の一方が切断された場合、図11に示すように、切断された結合手が浮遊フッ素原子をとらえると考えられる（二重結合によるフッ素スカベンジ効果）。

【0057】 $C_5F_8$ は、高密度低解離状態のプラズマを形成するのに適している。平行平板型のエッチング装置は、低解離のプラズマを生成するのに適しているが、C



5F<sub>8</sub>によれば、他の型のエッチング装置を用いても解離度の十分に低いプラズマを生成できる。

【0058】このような性質を持つC<sub>5</sub>F<sub>8</sub>のガスを用いてプラズマを形成し、コンタクトホールエッチングを行うと、レジストのエッチングに寄与するフッ素の量がいつそう減少する。また、生成された高次の種が、レジスト上でポリマー膜のような保護膜を形成し、レジストのエッチングを阻止すると考えられる。

【0059】以上説明した理由から、C<sub>5</sub>F<sub>8</sub>のような炭素の二重結合を含む環状パーフルオロカーボンガスを用いてプラズマエッチングを行うと、レジスト膜に対するエッチング選択比が大きく向上すると考えられる。従って、炭素に対するフッ素の比が2未満のガスの中でも、炭素の二重結合を含む環状パーフルオロカーボンガスが特に好ましい。また、炭素の二重結合を含む環状パーフルオロカーボンガスであれば、炭素に対するフッ素の比が2以上であってもレジスト膜に対するエッチング選択比が向上すると考えられる。

【0060】なお、C<sub>5</sub>F<sub>8</sub>を用いてドライエッチング法を実施する場合、C<sub>5</sub>F<sub>8</sub>のガスボンベから供給されるC<sub>5</sub>F<sub>8</sub>ガスの圧力は、例えば0.01kg/cm<sup>2</sup>程度であり、C<sub>2</sub>F<sub>6</sub>の供給ガス圧力に比較して著しく低い。これは、C<sub>2</sub>F<sub>6</sub>ガスが高圧ガス状態でボンベ内に貯蔵されているのに対して、C<sub>5</sub>F<sub>8</sub>がボンベ内においては液化しているためである。このようにC<sub>5</sub>F<sub>8</sub>ガスの圧力が低いと、通常ドライエッチング装置に備え付けられているマスフローコントローラを用いて流量の制御をすることは好ましくない。このため、ガス圧力によってバルブ開閉を調整する圧力制御型流量計を用いることが好ましい。このような圧力制御型流量計は、例えば銅のCVD装置に備え付けられて使用されている。通常圧力制御型流量計は、圧力計を内蔵している。圧力計のゼロ点はドリフトする傾向があるので、ゼロ点調整を自動的に行う機能を付与することが好ましい。

【0061】上記いずれの実施形態においても、酸化シリコン膜が形成される被加工基板としてシリコン基板を使用しているが、他の基板（例えばガラス基板）を用いても良い。ただし、ガラス基板を使用する場合、ガラス基板自体も主成分が酸化シリコンであるためエッチングを被ることになる。ガラス基板上に多結晶シリコン膜または非晶質シリコン膜を形成した後、それらを覆うように酸化シリコン膜を形成し、酸化シリコン膜の所定領域をレジスト膜で覆えば、ガラス基板を用いて本発明を実施することは十分に可能である。ガラス基板やその他の基板上に薄膜トランジスタを形成した半導体装置も、今後、ますます集積化される可能性がある。そのような半導体装置の製造に本発明を適用することは非常に好ましい効果をもたらすと期待される。

【0062】

【発明の効果】本発明のドライエッチング方法によれ

ば、プラズマ化するガスに含まれる炭素に対するフッ素の比率が2未満であるため、レジスト膜に対するエッチング選択比が向上し、配線間短絡の不良が生じにくくなる。

【0063】前記ガスに希ガスを添加すると、選択比および酸化膜エッチング速度の両方を高めることができる。

【0064】前記ガスには希ガスおよび酸素を含むガスを添加すると、選択比を高め、エッチング停止による不良を防止することができる。

【0065】本発明の他のドライエッチング方法によれば、プラズマ化するガスに含まれる炭素に対するフッ素の比率が2未満であり、しかも、振幅値が1.5kV以下の高周波電圧を被加工基板に印加するため、選択比および酸化膜エッチング速度の両方を高めることができる。

【0066】本発明の更に他のドライエッチング方法によれば、プラズマ化するガスに含まれる炭素に対するフッ素の比率が2未満であり、しかも、100℃以上に加熱した反応室内でエッチングするため、ウェハ処理枚数の増加に伴ってエッチング深さが変動することを防止することができる。

【0067】本発明の半導体装置の製造方法によれば、配線間短絡による不良の無い半導体装置を歩留まりよく製造することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施形態に使用するドライエッチング装置の概略図。

【図2】(a)から(d)は、本発明の半導体装置の製造方法における主要工程を示す断面図。

【図3】本発明の第1の実施形態および比較例について、エッチング選択比のエッチングガス流量依存性を示すグラフ。

【図4】本発明の第2の実施形態において、エッチング速度のアルゴンガス流量依存性を示すグラフ。

【図5】対レジスト選択比に添加するアルゴン流量との関係を示すグラフ。

【図6】本発明の第3の実施形態および比較例について、コンタクトエッチング深さのコンタクト径依存性を示すグラフ。

【図7】本発明の第4の実施形態において、酸化膜のエッチング速度がエッチング装置の下部電極に印加する高周波電力の振幅値(V<sub>pp</sub>)に対してどのように変化するかを示すグラフ。

【図8】本発明の第5の実施形態において、コンタクトホールのエッチング深さのウェハ処理枚数依存性を示すグラフ。

【図9】(a)は真空チャンバー内に導入したC<sub>2</sub>F<sub>6</sub>について質量分析装置(QMS)によって得たデータを示すグラフであり、(b)は同様にして得たC<sub>5</sub>F<sub>8</sub>につい

てのデータを示すグラフである。

【図10】 $C_5F_8$ のイオン化効率曲線を示すグラフである。

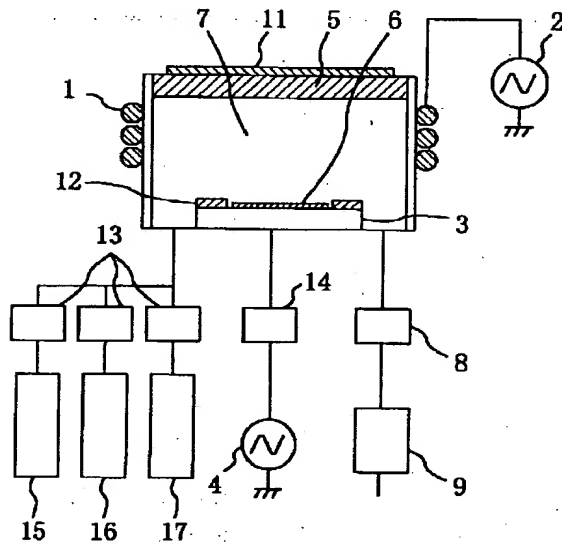
【図11】 $C_5F_8$ の炭素二重結合の二重結合によるフッ素スカベンジ効果を示す図。

【符号の説明】

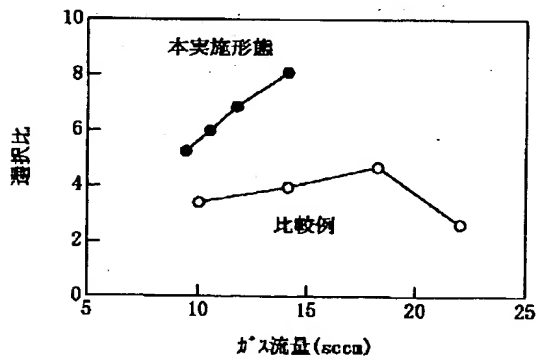
- 1 誘導コイル
- 2 高周波電源
- 3 下部電極
- 4 高周波電源
- 5 上部シリコン電極
- 6 シリコン基板
- 7 反応室

- 8 圧力制御バルブ
- 9 排気ポンプ
- 11 ヒーター
- 12 石英リング
- 13 マスフロー
- 14 マッチャー
- 15  $C_5F_8$ ガスボンベ
- 16 Arガスボンベ
- 17  $O_2$ ガスボンベ
- 10 20 シリコン基板
- 21 酸化シリコン膜
- 22 フォトリジストパターン

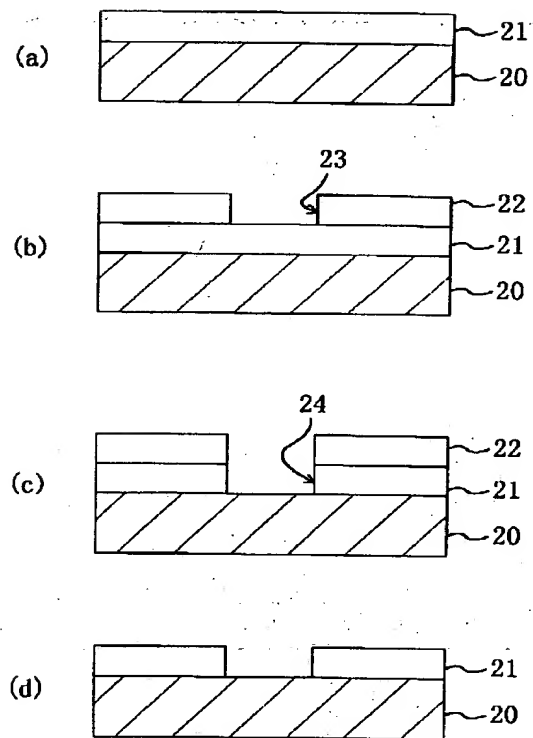
【図1】



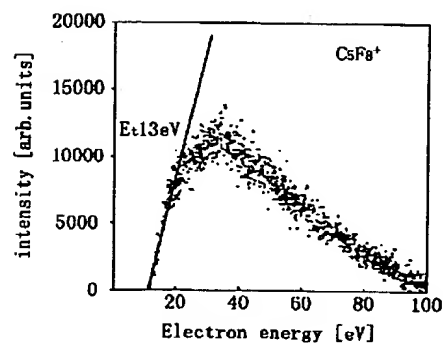
【図3】



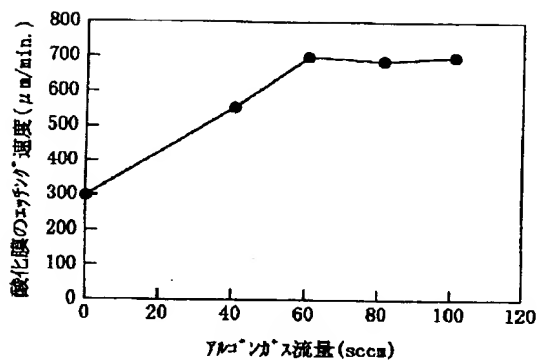
【図2】



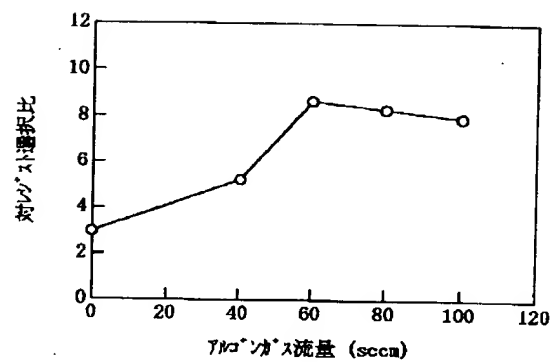
【図10】



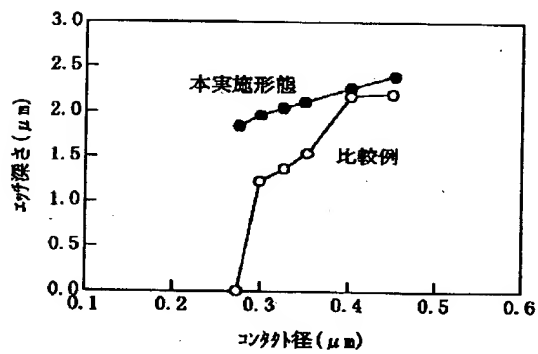
【図4】



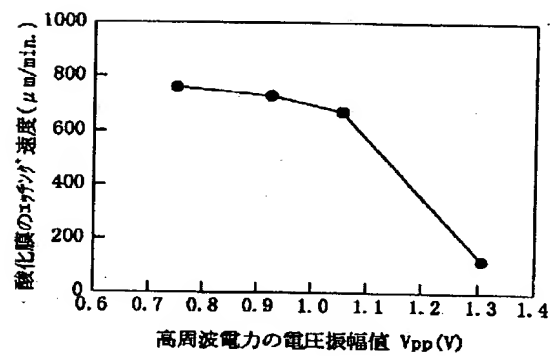
【図5】



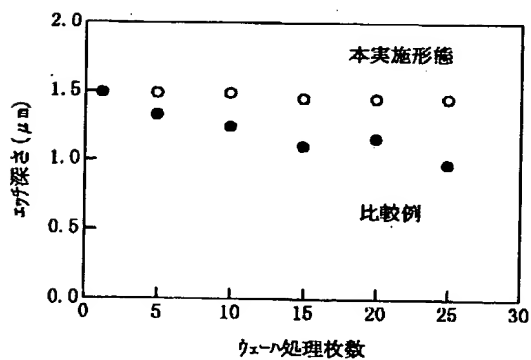
【図6】



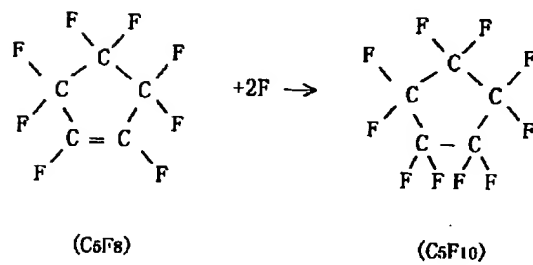
【図7】



【図8】

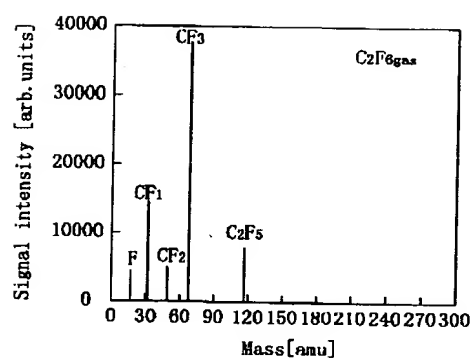


【図11】



【図9】

(a)



(b)

